

6自由度超高速パラレルロボットの試作研究

著者	内山 勝
URL	http://hdl.handle.net/10097/41444

6 自由度超高速パラレルロボットの試作研究

(課題番号：08555062)

平成8～10年度科学研究費補助金基盤研究(A)(2)

研究成果報告書

平成11年3月

研究代表者 内山勝

(東北大学大学院工学研究科教授)

6 自由度超高速パラレルロボットの試作研究

(課題番号：08555062)

平成8～10年度科学研究費補助金基盤研究(A)(2)

研究成果報告書

平成11年3月

研究代表者 内山勝

(東北大学大学院工学研究科教授)

東北大学図書



00010133671

附属図書館

はしがき

本報告書は、文部省科学研究費補助金（基盤研究(A)(2)）「6自由度超高速パラレルロボットの試作研究」により、平成8年4月より平成11年3月までの期間に、東北大学大学院工学研究科航空宇宙工学専攻宇宙機システム学講座において実施した研究の成果をまとめたものである。

本研究の目的は、6自由度超高速のHEXA型パラレルロボットを開発することである。HEXA型パラレルロボットは、本研究の代表者が、モンペリエII大学と共同で研究、開発したもので、その高速性が最大の特徴である。すでに、初期型ロボットで、最大加速度22[G]を達成している。本研究では、高出力、低摩擦のDD(Direct Drive)モータを採用し、超高速のHEXA型パラレルロボットを新たに設計、製作した。このロボットは、最大40[G]を達成した。この性能は、初期型ロボットが達成した22[G]に比べ、およそ2倍である。つぎに、周波数応答実験を行った。実験結果より、開発したロボットの応答帯域幅は、およそ40[Hz]であることが確認された。この応答性能は、例えば、現在最も広く使われているスチュワートプラットフォーム型のパラレルロボットと比べ、一桁上の性能であり、この性能を実現する6自由度ロボットは、世界的に見ても開発例がない。したがって、本研究で開発したロボットの革新性は極めて高い。このロボットの応用例として、微小重力シミュレータ等のモーションテーブルを検討し、これが有望な応用例であることを示した。

なお、本研究には、元大学院研究生、Soumya Bhattacharya 君（現在、WIPRO INFOTECH）、元修士課程学生、湯川修平君（現在、ソニー）、および現大学院博士課程2年、多羅尾進君（一関高専勤務）、同修士課程2年、秋間敏史君、同1年、猪平栄一君が参加し、大きな貢献をした。ここに記して感謝の意を表す。

平成11年3月 内山勝

[1] D. N. Nenchev, M. Uchiyama: Dynamic Analysis of Parallel Manipulators Under the Singularity-Consistent Formulation, Proceedings of the 1996 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, Osaka, Japan, (1996/11), 1227-1233.

[2] S. Bhattacharya, D. N. Nenchev, M. Uchiyama: A Singularity-Consistent Parameterization Based Direct Kinematics Algorithm for a Class of Parallel Manipulators, Proceedings of the 1997 IEEE International Conference on Robotics and Automation, Albuquerque, New Mexico, USA, (1997/4), 2671-2675.

[3] D.N. Nenchev, S. Bhattacharya and M. Uchiyama: Dynamic Analysis of Parallel Manipulators under the Singularity-Consistent Parameterization, ROBOTICA, 15-4 (1997/7, 8), 375-384.

[4] SOUMYA BHATTACHARYA, DRAGOMIR N. NENCHEV and MASARU UCHIYAMA: A RECURSIVE FORMULA FOR THE INVERSE OF THE

研究組織

研究代表者： 内山勝（東北大学大学院工学研究科教授）

研究分担者： Dragomir Nenchev（新潟大学工学部教授）

妻木勇一（東北大学大学院工学研究科助手）

阿部幸勇（東北大学工学部教務職員）

渋川哲朗（豊田工機（株）技術研究所課長（研究職））

研究経費

平成 8 年度 4,400 千円

平成 9 年度 3,400 千円

平成 10 年度 700 千円

計 8,500 千円

研究発表

(1) 学会誌等

- [1] D. N. Nenchev, M. Uchiyama: Singularity-Consistent Path Planning and Control of Parallel Robot Motion Through Instantaneous-Self-Motion Type Singularities, Proceedings of the 1996 IEEE International Conference on Robotics and Automation, Minneapolis, Minnesota, USA, (1996/4), 1864-1870.
- [2] D. N. Nenchev, M. Uchiyama: Dynamic Analysis of Parallel-Link Manipulators Under the Singularity-Consistent Formulation, Proceedings of the 1996 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, Osaka, Japan, (1996/11), 1227-1233.
- [3] S. Bhattacharya, D. N. Nenchev, M. Uchiyama: A Singularity-Consistent Parameterization Based Direct Kinematics Algorithm for a Class of Parallel Manipulators, Proceedings of the 1997 IEEE International Conference on Robotics and Automation, Albuquerque, New Mexico, USA, (1997/4), 2671-2676.
- [4] D.N. Nenchev, S. Bhattacharya and M. Uchiyama: Dynamic Analysis of Parallel Manipulators under the Singularity-Consistent Parameterization, ROBOTICA, 15-4 (1997/7, 8), 375-384.
- [5] SOUMYA BHATTACHARYA, DRAGOMIR N. NENCHEV and MASARU UCHIYAMA: A RECURSIVE FORMULA FOR THE INVERSE OF THE

INERTIA MATRIX OF A PARALLEL MANIPULATOR, Mech. Mach. Theory, 33-7 (1998), 957-964.

- [6] Toshifumi Akima, Susumu Tarao and Masaru Uchiyama: Micro-Gravity Simulator Consisting of a High-Speed Parallel Robot, Proceedings of 8th Workshop on Astrodynamics and Flight Mechanics, Sagamihara, ISAS, (1997/7/23-24), 197-202.
- [7] Toshifumi Akima, Susumu Tarao and Masaru Uchiyama: Hybrid Micro-Gravity Simulator Consisting of a High-Speed Parallel Robot, Proceedings of the 1999 IEEE International Conference on Robotics and Automation, Detroit, Michigan, USA, (1999/5/10-15), to be presented.

(2) 口頭発表

- [1] Soumya Bhattacharya, Masaru Uchiyama: A Recursive Formula for the Inverse of the Inertia Matrix of a Parallel Manipulator, 第14回日本ロボット学会学術講演会予稿集、(1996/11/1-3), 791-792.
- [2] 猪平栄一、湯川修平、秋間敏史、内山勝：超高速パラレルロボットの設計・開発・評価、ロボティクス・メカトロニクス講演会'98 講演論文集、日本機械学会 [No. 98-4] (1998/6/26-28), 1AII2-5 (1)-(2).
- [3] 秋間敏史、多羅尾進、内山勝：HEXA 型パラレル機構を用いた微小重力シミュレータの周波数応答実験、第16回日本ロボット学会学術講演会予稿集、(1998/9/18-20), 319-320.

目次

研究成果の概要

研究成果の概要	vi
第1章 超高速パラレルロボットの設計・開発・評価	1
第2章 特異点適合法による経路計画および機構解析	18
第3章 慣性逆行列の繰り返し計算法	49
付録 HEXA97の主要図面	60

研究成果の概要

HEXA 型パラレルロボットは、本研究の代表者が、モンペリエ II 大学と共同で研究、開発したもので、その高速性が最大の特徴である。すでに、初期型ロボットで、最大加速度 22 [G] を達成している。本研究では、さらに、その性能を 2 倍に高めた超高速の新型ロボットの開発を目的とする。本研究の成果は、以下のように要約される。

1. 目標性能を達成すべく、高出力、低摩擦の DD (Direct Drive) モータを採用し、HEXA 型パラレルロボットを新たに設計、製作した。設計においては、特異点を考慮した運動学解析、動特性評価のための慣性行列の計算等を行い、機構の最適化を図った。
2. 制御用のメインコンピュータには DOS/V 機を採用し、制御用のリアルタイム OS としては、Wind River Systems 社製の VxWorks を採用した。そして、この VxWorks 上で制御プログラムを開発し、6 自由度の基礎的な運動制御実験を行い、制御系の確認を行った。
3. いくつかの性能評価実験を行った。まず、最大加速度性能を評価する実験を行った。その結果、本研究で開発したロボットは、最大 40 [G] を達成した。この性能は、初期型のロボットが達成した 22 [G] に比べ、およそ 2 倍であり、当初の目標が達成された。つぎに、周波数応答実験を行った。この実験結果から、開発したロボットの応答帯域幅は、およそ 40 [Hz] であることが確認された。この応答性能は、例えば、現在最も広く使われているスチュワートプラットフォーム型のパラレルロボットと比べ、一桁上の性能であり、この性能を実現する 6 自由度ロボットは、世界的に見ても開発例はない。本研究で開発したロボットの革新性は極めて高いものと思われる。
4. 本研究で開発したロボットの応用例として、微小重力シミュレータ等のモーションテーブルを検討した。そして、これが、開発したロボットの高速性能を生かす有望な応用例であることを示した。

本報告書収録の学術雑誌等発表論文は本ファイルに登録しておりません。なお、このうち東北大学在籍の研究者の論文で、かつ、出版社等から著作権の許諾が得られた論文は、個別に **TOUR** に登録しております。